بررسی تأثیر عملکرد فاصله هوایی در جذب صوت پانل‌های آکوستیکی ساخته شده از الیاف نخل خرما

مهدی علیشیری[۱]
امیرهومن حمصی[۲*]
حبیب‌اله خادمی اسلام[۳]
صدیقه بصیر جعفری[٤]
محمد طلایی پور[٥]

[۱] دانشجوی دکتری رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۳] استاد، گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۴] استادیار فیزیک، گروه صدا، دانشکده فنی و مهندسی رسانه، دانشگاه صداوسیما، تهران، ایران

[۵] دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
h_hemmasi@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

چکیده

با توجه به کاربرد فراوان پانل های آکوستیکی درصنعت و اهمیت استفاده از الیاف طبیعی به عنوان جایگزین مناسب جاذب های آکوستیکی از الیاف مصنوعی، در این تحقیق امکان ساخت پانل های آکوستیکی با استفاده از الیاف نخل خرما به همراه چسب سیلیکات سدیم مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی اثر متغیر ضخامت، دانسیته، طول خرده ذرات، درصد چسب و فاصله هوایی بر روی ضریب جذب صوت نمونه های تحقیق بر اساس استاندارد ISO 10534-2 در پنج فرکانس ۲۵۰،۵۰۰،۱۰۰۰،۲۰۰۰ و ۴۰۰۰هرتز اندازه گیری شد. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش ضخامت، قله ضریب جذب صوت به سمت فرکانس های پایین تر شیفت پیدا می کند و با افزایش دانسیته، ضریب جذب صوت افزایش و در فرکانس های بالاتر کاهش را نشان می دهد و همچنین با افزایش طول خرده ذرات، ضریب جذب صوت افزایش ودر فرکانس ۴۰۰۰ هرتز اثر معکوس داشته است و با افزایش درصد چسب، در فرکانس های بالاتر، ضریب جذب صوت کاهش پیدا کرد و همچنین اثر فاصله هوایی ۲۵ و ۴۱ میلیمتر بر روی ضریب جذب صوت، در بهترین پانل های ساخته شده تحقیق با ضخامت ۳۲ و ۱۶ میلیمتر مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس، پانل های با ضخامت کمتر وهمچنین اعمال فاصله هوایی بیشتر منجر به تقویت ضریب جذب صوت در همه فرکانس ها گردید که این امر می تواند نقش مهمی در کاهش هزینه های مصرفی این نوع پانل ها در حوزه آکوستیک بدون آلوده کردن محیط زیست با استفاده از چسب سیلیکات سدیم ایفا نماید.

واژگان کلیدی: سیلیکات سدیم، ضریب جذب صوت، لوله امپدانس، نخل خرما.

مقدمه

تخته‌های آکوستیکی امروزه در صنعت کاربرد فراوانی داشته و انواع مختلف پانل‌های چوبی، لیگنوسلولزی، معدنی و.. به‌عنوان عایق صوت و کنترل‌کننده جذب صدا در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می گیرند. در حال حاضر جاذب های صوتی مورد استفاده درفضای های داخلی و خارجی در گروه های مواد گرانوله، سلولی و الیافی طبقه بندی می شوند. جاذب های متخلخل ساخته شده بر پایه الیاف رشته ای به دلیل داشتن شبکه هایی از حفره های به هم پیوسته، در هنگام اندرکنش موج صوتی با دیواره

های آنها، انرژی صوتی را به انرژی حرارتی تغییر می دهند [۳-۱]. امروزه، مطلوب ترین عایق های صوتی موجود در بازار، مواد متشکل از الیاف شیشه ای یا الیاف معدنی هستند. این مواد، علیرغم مزایای قابل توجه شان، می توانند تاثیر منفی بر روی سلامت افراد داشته باشند و ممکن است به سیستم تنفسی و بینایی آنها آسیب بزنند و یا در صورت تماس فیزیکی، منجر به عوارض پوستی شوند. از سوی دیگر، الیاف طبیعی سلولزی، برخلاف الیاف شیشه ای، مشکوک به ایجاد عوارض ریوی مانند سرطان ریه نیستند[۴،۵]. استفاده از پانل های آکوستیکی ساخته شده از الیاف طبیعی، به دلیل وجود خواص زیست تخریب پذیری بیشتر، وزن سبک تر، چگالی کمتر، قیمت ارزانتر و غیر سمی بودن، باعث شده است تا این مواد به عنوان جایگزین های مناسبی برای جاذب های آکوستیکی ساخته شده از الیاف مصنوعی مطرح شوند[۹-۶]. تا کنون بررسی‌های زیادی با توجه به فراوانی مکانی هر یک از این منابع گیاهی، مطالعاتی درباره قابلیت آنها در جذب امواج صوتی انجام شده است. Iannace & Berardi (۲۰۱۷) نشان دادند که افزایش تراکم نمونه های الیاف طبیعی کنف، باعث افزایش ضریب جذب صوتی در محدوده بسامد های میانی و بالا می شود [۱۰]. Fouladi و همکاران (۲۰۱۰) نیز در خصوص الیاف طبیعی نارگیل، ذرت و نیشکر، گزارش کردند که تخلخل بیشتر در نمونه های تهیه شده از این الیاف موجب افزایش مقدار ضریب جذب صوت توسط آنها می شود [۱۱]. ALRahman و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که کاهش اندازه قطر الیاف در مواد میکرو متخلخل مانند الیاف نخل و الیاف نارگیل، موجب افزایش مقاومت جریان هوا و ضریب جذب صوت می شود [۱۲]. در رابطه با استفاده ازپسماندهای کشاورزی در ساخت تخته های عایق صوت صورت پذیرفته است که از جمله Zulkifli و همکاران(۲۰۰۸) در بررسی‌های خود اظهار داشتند که تخته های ساخته شده از پسماندهای کشاورزی و ضایعات پوست درختان جنگلی ویژگی‌های جذب صوت مناسبی داشته و قابل مقایسه با تخته‌های عایق صوت تجاری می‌باشند [۱۳]. در تحقیقی که توسط Saadatnia (۲۰۰۵) انجام شد، مشخص شد که با افزایش فرکانس، ضریب جذب تخته های ساخته شده از صنوبر تا فرکانس ۲۰۰۰ هرتز افزایش می یابد ودر فرکانس ۴۰۰۰ هرتز دچار افت میشود. در بین عامل های متغیر میزان درصد ضایعات در نمونه و چگالی بر میزان جذب صوت آنها اثر معنی داری داشته است [۱۴]. Carvalho و همکاران (۲۰۱۵) با ۳ نوع گونه ی باگاس، کاج جنگلی و اکالیپتوس اقدام به ساخت سازه ی جاذب صوت پرداختند. آنها خواص صوتی تخته های حاصل از باگاس را به عنوان محصولی حاصل از ضایعات کشاورزی با تخته های ساخته شده از کاج جنگلی و اکالیپتوس مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که در فرکانسهای بالاتر تخته های ساخته شده از باگاس جذب صوت بالاتری نسبت به دو نوع گونه ی چوبی دارند[۱۵].در تحقیقی دیگری که توسط Tabanو همکاران (۲۰۱۹) انجام شد، نتایج نشان داد که خاصیت جذب صوتی نمونه‌ها تهیه‌شده از الیاف نخل خرما به‌طور قابل‌توجهی با افزایش بسامد، بیشتر می‌شود وافزایش ضخامت مواد در چگالی ثابت، نقش عمده‌ای در تضعیف امواج صوتی به‌ویژه در بسامدهای پایین‌تر (کمتر از ۱۰۰۰ هرتز) دارد. مقایسهٔداده‌های حاصل از آزمایش و مدل‌های تجربی نشان داد که با افزایش ضخامت، مقادیر پیش‌بینی‌شده برای ضریب جذب آکوستیکی مواد، به‌داده‌های حاصل از آزمایش نزدیک می‌شوند. افزایش فاصله هوایی در پشت نمونه تا ۳ سانتی متر، در بسامدهای کمتر از ۱۰۰۰ هرتز، افزایش‌ضریب جذب صوتی را به همراه خواهد داشت [۱۶]. Lamyaa و همکاران (۲۰۱۲) نتایج آزمون‌های تجربی نشان می‌دهد الیاف نخل خرما به عنوان یکی از جاذب های صدا که در فرکانس‌های پایین و بالا ویژگی‌های آکوستیکی خوبی دارد و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای محصول تجاری مبتنی بر سنتتیک(مصنوعی) مورد استفاده قرار گیرد. نمونه‌ها با ضخامت‌های مختلف و نیز نمونه‌ها با ضخامت یکسان اما با چگالی‌های مختلف آزمون شدند. علاوه بر این، نمونه‌های دارای خواص مشابه اما دارای مدت زمان فشردگی متفاوت نیز مورد بازرسی قرار گرفتند [۱۷]. صفحه جاذب صدا، پتانسیل خوبی را برای یک محصول سازگار با محیط‌زیست نشان می‌دهد.این پانل جاذب صدا، نوآورانه به دلیل این واقعیت که، ارزان‌تر، سبک‌تر و سازگار با محیط‌زیست

هستند در مقایسه با آزبست و مواد مصنوعی بر پایه پشم سنگ پتانسیل بالایی دارد. الیاف نخل با لایه ضخیم‌تر به طور قابل‌توجهی در ضریب جذب صوت در فرکانس‌های پایین و بالا به ویژه پس از پوشش با لاتکس به علت افزایش سختی، افزایش می‌یابد. در کشورهای پیشرفته استفاده از مواد چوبی و لیگنو سلولزی مانند پسماندهای کشاورزی برای ساخت عایق های صوتی درحال توسعه می‌باشد [۱۶]. هدف از این تحقیق بررسی امکان ساخت پانل‌های آکوستیکی با ضرایب جذب صوتی مناسب از ضایعات محصولات کشاورزی (تنه نخل خرما) و چسب معدنی (سیلیکات سدیم) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دراین تحقیق از تنه نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) تهیه شده از روستای ماران قلعه شهرستان جیرفت و چسب سیلیکات سدیم با فرمول شیمیایی Na_2SiO_3 با چگالی $2/4\ gr/cm^3$ کهمحلولی شامل SiO_2 و Na_2O (سیلیس به سودا) به نسبت حدود۳/۴ در آب و محلولی قلیایی است (۱۴ تا PH=۷)، تهیه شده از کارخانه شرکت پترو کویرصدریزداستفاده گردید. جهت تولید پانل ها ابتدا تنه نخل(گرده) با رطوبت اولیه حدود ۴۰ درصد اندازه گیری و تهیه شد و سپس با اره نواری تبدیل به الوار و دپو گردید وپس ازگذشت حدود ۶ ماه به روش خشک کردن در هوای آزاد به رطوبت حدود ۱۲ درصد رسید. الوارهای خشک شده به ابعاد ۲۰ در۵ سانتی متر برش و برای تبدیل به رشته ها (شکل۱) به روش مکانیکی وارد دستگاه شات پلاست (شکل۲) شد و جهت جدا سازی ابتدا از الک مش ۸ و سپس از الک مش۵ استفاده شد. سپس در آون رطوبت خرده ذرات به ۳ الی۴ درصد تقلیل داده شد و در نهایت قطر رشته ها بین ۰/۸ تا ۱ میلی مترمورد اندازه گیری قرار گرفت. برای ساخت تخته ها ابتدا طبق جدول ۱خرده ذرات تنه نخل با چسب سیلیکات سدیم به شکل افشان مخلوط شدند. رطوبت کیک ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. با استفاده از قالب ها، کیک تشکیل و تحت بار ۵۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه پرس قرار گرفت، پس از ساخت نمونه ها (شکل۳)، به مدت۲ هفته در اتاق کلیما با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای۲۰ درجه سانتی گراد متعادل سازی شدند. سپس با استفاده از روش وزنی، رطوبت نهایی پانل ها اندازه گیری شد. ضمن اینکه از یک نمونه دیسک تنه نخل خرما با ضخامت۳۲ میلیمتر از ارتفاع برابر سینه به عنوان نمونه شاهد (شکل۴) تهیه شد. آزمایش های مربوط به ضریب جذب صوت توسط لوله امپدانس و بر اساس روش تابع انتقال با در نظر گرفتن استاندارد (ISO10534-2) با دستگاه تولید امواج ساکن[1] (شکل۵) مدل Sw477+Sw422 شرکت BSWA چین موجود درآزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر استفاده شد. برای ساخت تخته هاازدستگاه پرس هیدرولیک Bergmo و برای جدا سازی رشته ها از دستگاه شات پلاست استفاده شد. عوامل متغیر در ساخت نمونه پانل آکوستیکی عبارتند از ضخامت تخته که دردو اندازه ۱۶ و ۳۲ میلی متر، دانسیته های ۳۵۰ و ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، دو نوع طول خرده ذرات ۵۰ و ۱۰۰ میلی متر و مقدار چسب در دو سطح۱۰ و ۲۰ درصد که با احتساب سه بار تکرار تعداد ۴۸ نمونه حاصل گردید و مناسب ترین نمونه تخته ها از نظر ضریب جذب صوت در ضخامت ۱۶ و ۳۲ میلی متر انتخاب و اثرفاصله هوایی ۴۱ و ۲۵ میلی متر مورد بررسی قرارگرفت.

ضریب جذب صوت تخته‌ها در فرکانس های ۲۵۰ ، ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز مورد ارزیابی قرارگرفت. لازم به ذکر است ضریب کاهش صدا[2] (NRC) میانگین عددی است که از ضریب جذب صوت در فرکانس های ذکر شده حاصل می گردد. در این بررسی از طرح کاملا تصادفی استفاده شد و تجزیه واریانس، آنووا (ANOVA) صورت گرفت. اثرات مستقل و متقابل هریک از عامل های متغیر و ویژگی های مورد بررسی در سطح ۱ و ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. (جدول ۲).

[1] Impedance tube
[2] Noise Reduction Coefficient

جدول ۱. مشخصات پانل های ساخته شده تحقیق

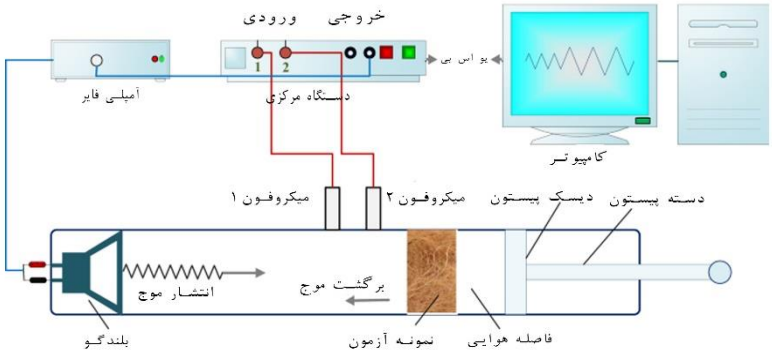
شماره نمونه	ضخامت (میلیمتر)	دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	طول خرده ذرات (میلی متر)	چسب (٪)
۱	۱۶	۳۵۰	۵۰	۱۰
۲	۱۶	۳۵۰	۵۰	۲۰
۳	۱۶	۴۵۰	۵۰	۱۰
۴	۱۶	۴۵۰	۵۰	۲۰
۵	۱۶	۳۵۰	۱۰۰	۱۰
۶	۱۶	۳۵۰	۱۰۰	۲۰
۷	۱۶	۴۵۰	۱۰۰	۱۰
۸	۱۶	۴۵۰	۱۰۰	۲۰
۹	۳۲	۳۵۰	۵۰	۱۰
۱۰	۳۲	۳۵۰	۵۰	۲۰
۱۱	۳۲	۴۵۰	۵۰	۱۰
۱۲	۳۲	۴۵۰	۵۰	۲۰
۱۳	۳۲	۳۵۰	۱۰۰	۱۰
۱۴	۳۲	۳۵۰	۱۰۰	۲۰
۱۵	۳۲	۴۵۰	۱۰۰	۱۰
۱۶	۳۲	۴۵۰	۱۰۰	۲۰

شکل ۱. خرده ذرات(رشته) تنه نخل

شکل۲. نمونه ها در دستگاه شات پلاست

شکل۳. نمونه ساخته شده

شکل۴. نمونه شاهد



شکل ۵. تصویر شماتیک از اجزای ساختاری لوله امپدانس

نتایج و بحث

مطابق با جدول ۲ اثر متغیرهای تحقیق بر روی ضریب جذب صوت مورد بررسی قرار گرفت که بر این اساس مشخص گردیدکه اثر متغیرضخامت و درصد چسب بر روی همه فرکانس ها معنی دارشده و همچنین اثر متغیر دانسیته در همه فرکانس ها بجز فرکانس های ۲۵۰ و ۲۰۰۰ هرتز نیزمعنی دار گردید و اثر متغیر طول خرده ذرات فقط در فرکانس ۵۰۰ هرتز معنی دار نشد. اثر عوامل متقابل متغیرهای مختلف تحقیق بر روی ضریب جذب صوت به شرح جدول ذیل می باشد.

جدول۲. نتایج تجزیه تحلیل واریانس اثرمستقل و متقابل متغیرهای مختلف بر روی ضریب جذب صوت

منابع متغیر	دامنه فرکانس (هرتز)				
	۲۵۰ Hz	۵۰۰ Hz	۱۰۰۰ Hz	۲۰۰۰ Hz	۴۰۰۰ Hz
ضخامت	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
دانسیته	۰/۱۷۵ns	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۸۲۰ns	۰/۰۰۰ **
طول خرده ذرات	۰/۰۰۰ **	۰/۸۲۴ns	**۰/۰۰۳** **	**۰/۰۰۲** **	۰/۰۰۰ **
درصدچسب	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
ضخامت × دانسیته	۰/۴۱۲ns	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
ضخامت × طول خرده ذرات	۰/۰۶۱ns	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
ضخامت × درصد چسب	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
دانسیته × طول خرده ذرات	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
دانسیته × درصد چسب	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	**۰/۰۰۱** **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **
طول خرده ذرات × درصد چسب	**۰/۰۱۸** *	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۰ **	۰/۱۶۷ns

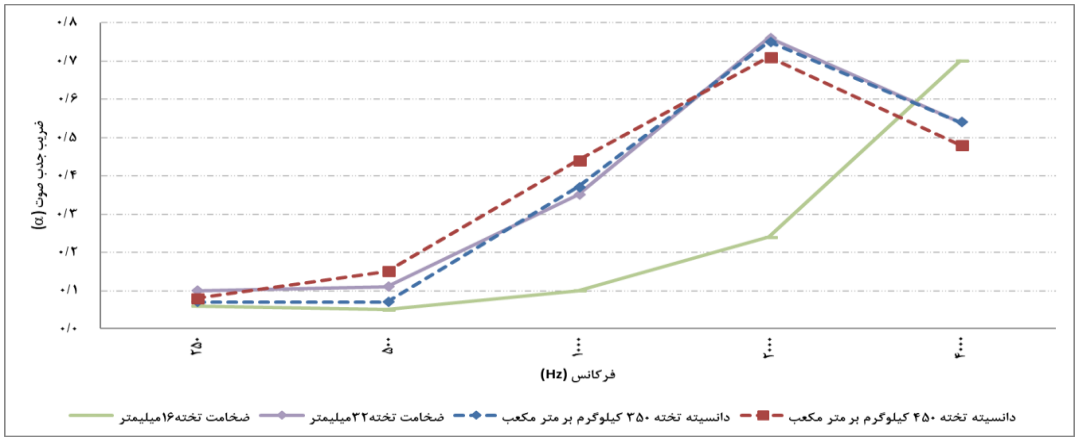
**معنی دار در سطح ۱ درصد　　*معنی دار در سطح ۵ درصد　　nsبدون تفاوت معنی دار

اثرضخامت بر روی ضریب جذب صوت

در رابطه با اثرمتغیر ضخامت بر روی ضریب جذب صوت در این تحقیق، نتایج نشان داد، بیشترین اثر در فرکانس های میانی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز می باشد که شایان ذکر است که این اثر در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز تاثیر معکوس داشته است و همچنین با افزایش ضخامت، قله ضریب جذب به سمت فرکانس های پایین تر شیفت پیدا می کند. که علت این امر را می توان به اثرطول موج های متفاوت و انرژی متفاوت موج که به علت ساختار آناتومی ماده جذب کننده صوت از یک سو و همچنین انعکاس امواج صوتی از سوی دیگر ارتباط دارد که Fasihi درسال (۲۰۰۱) نیز به نتایج مشابه ای دست یافت [۱۸].

مطابق با شکل۶ خاصیت جذب صوت تخته های ساخته شده از الیاف تنه نخل خرما با افزایش فرکانس به طور قابل توجهی افزایش می یابد، به طوریکه در فرکانسهای پایین، ضرایب جذب کم و در فرکانسهای بالا، ضرایب جذب افزایش می یابند. ضخامت مواد، به ویژه در فرکانس های پایین تر، نقش بسیار عمده ای در تضعیف انرژی صوتی دارد. همانطورکه در نمودار ۱ مشاهده می گردد، در دانسیته ۴۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب در فرکانس های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز، ضریب جذب صوتی جاذب ۳۲ میلی متری بالاتر از ضریب جذب صوتی جاذب ۱۶ میلی متری است (به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۷۶ و ۰/۱، ۰/۲۴) در نتیجه درفرکانس های پایین تر، اثربخشی و کارایی مواد جاذب در تضعیف صوت مستقیماً مرتبط با میزان ضخامت آنها است. همچنین Taban و همکاران درسال (۲۰۱۹) و Xie و همکاران در سال (۲۰۰۴) نیز درتحقیقات خود دریافتند که با زیاد شدن ضخامت و تخلخل، ضریب جذب مواد افزایش پیدا می کند [۱۶،۱۹]. دلیل این امر می تواند ناشی از فرآیند استهلاکیِ طولانی تر در اثر رسانایی حرارتی و ویسکوز میان هوا و مواد جاذب در کامپوزیت باشد، که با افزایش ضخامت کامپوزیت موجب افزایش میزان جذب صوت خواهد شد[۲۰]. آزمون های انجام شده بر روی موادی از قبیل کاه شالی، ضایعات نساجی، پشم شیشه، لاستیک خرد شده، نمد الیاف و مواد پلی استر، همگی نشان داده اند که

افزایش ضخامت مواد جاذب باعث بیشتر شدن جذب صوت، به ویژه در بسامد های پایین تر خواهد شد [۲۳-۲۱]. بنابراین، همچنانکه مشاهده می شود، افزایش ضخامت مواد جاذب صوت، بدون درنظر گرفتن نوع جاذب (الیافی یا متخلخل)، اثر یکسانی بر میزان جذب صوت دارد.



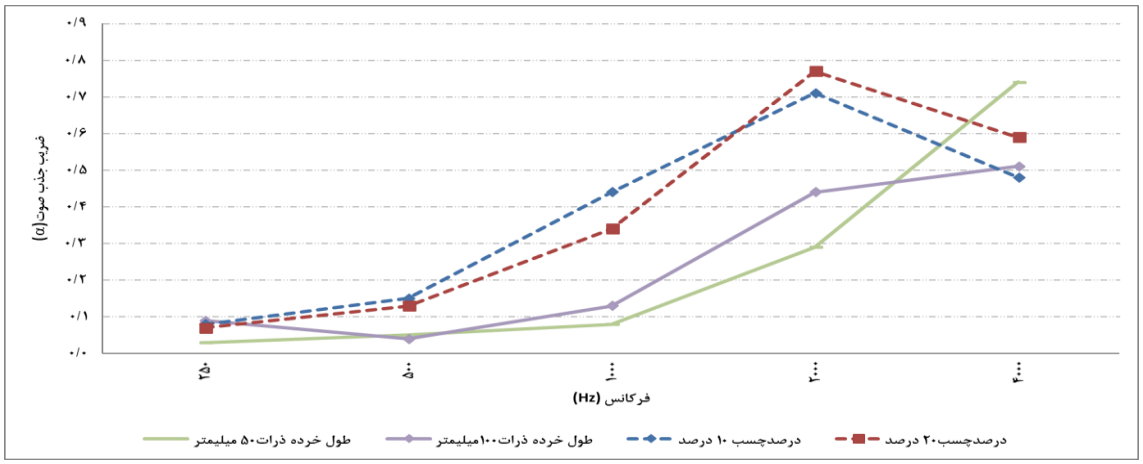
شکل۶. اثر ضخامت و دانسیته بر روی ضریب جذب صوت

اثردانسیته بر روی ضریب جذب صوت

در رابطه با اثر دانسیته بر روی ضریب جذب صوت در این تحقیق مطابق با شکل۶ بیشترین اثر در فرکانس های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز می باشد ودر فرکانس ۴۰۰۰ هرتز تاثیر معکوس داشته که با افزایش دانسیته ضریب جذب صوت در این فرکانس کاهش یافته است. که علت آن رابطه میزان خلل و فرج و میزان تراکم ماده یعنی مقدار درصد مواد جذب کننده موجود در یک حجم مشخص با ضریب جذب صوت می باشد. دانسیته تخته های مورد بررسی، ویژگی دوگانه ای را در برابر جذب صوت درفرکانس های متفاوت نشان می دهند. در فرکانس های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز میزان جذب در تخته های با دانسیته بالاتر، بیشتر است که علت آن انرژی کم این فرکانس ها می باشد که هرچه ماده بیشتری در واحد حجم تخته وجود داشته باشد، میزان انرژی جذب شده نیزبیشتر میشود. اما در تخته های با دانسیته کمتر، به دلیل خلل و فرج بیشتر در ساختار تخته، امواج کم انرژیِ این فرکانس ها از آن عبور کرده و کمتر جذب ماده میشوند که Saadatnia در سال (۲۰۰۵) و Hang-Seung درسال (۲۰۰۳) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند [۱۴،۲۴] . تخته های سبکتر در فرکانس های بالاتر، میزان جذب صوت بیشتری دارند که علت آن را می توان به افزایش میزان انرژی امواج و بالا رفتن قدرت نفوذ آنها و بافت متخلخل این تخته ها با دانسیته کم ارتباط داد.

اثرطول خرده ذرات بر روی ضریب جذب صوت

در رابطه با اثرطول خرده ذرات بر روی ضریب جذب صوت در این تحقیق مطابق با شکل۷، بیشترین اثر در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز می باشد و در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز تاثیر معکوس داشته که با افزایش طول خرده ذرات ضریب جذب صوت در این فرکانس کاهش یافته است. نتایج در مورد طول خرده ذرات تخته ها نشان می دهد که تخته هایی با طول خرده ذرات بالاتر باعث افزایش ضریب جذب صوت در فرکانس های میانی می گردد که دلیل این امر آن است که فرکانس ارتعاشات طبیعی الیاف با طول آن، نسبت معکوس دارد و هرچقدر طول الیاف بیشتر شود فرکانس طبیعی ارتعاشات آن که می تواند باعث میرایی انرژی امواج صوتیِ همفرکانسِ برخوردکننده به آن باشد کمتر است و درنتیجه جذب بهتری را در فرکانس های پایین تر از خود نشان می دهد و در فرکانس های بالاتر مانع از ورود امواج به درون پانل می شود.



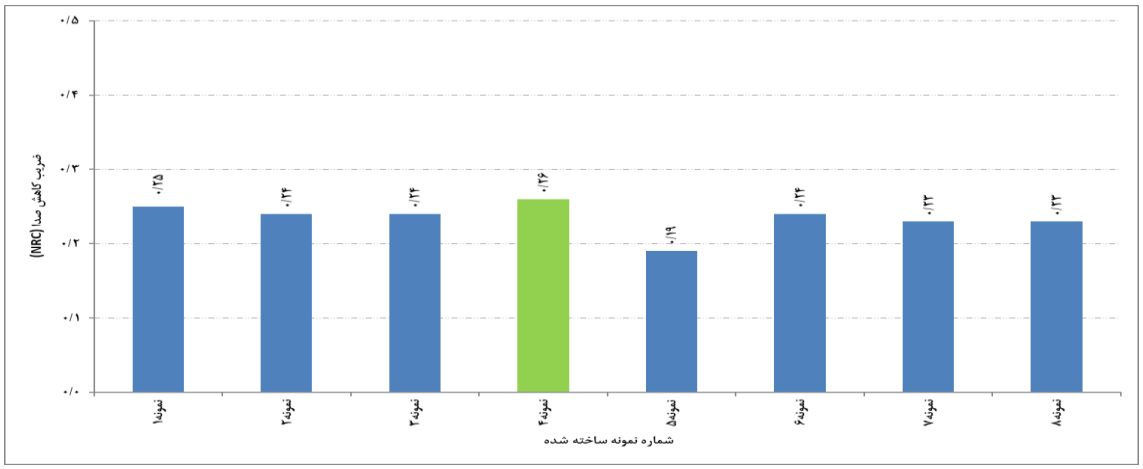
شکل۷. اثر طول خرده ذرات و درصد چسب بر روی ضریب جذب صوت

اثردرصد چسب بر روی ضریب جذب صوت

در رابطه با اثر درصدچسب بر روی ضریب جذب صوت در این تحقیق مطابق با شکل ۷ نشان داد در فرکانس های میانی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز با افزایش درصد چسب ضریب جذب صوت کاهش یافته است و در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز با افزایش میزان درصد چسب، ضریب جذب صوت نیز افزایش یافته است. نتایج در مورد میزان درصد چسب تخته ها نشان می دهد که با افزایش میزان چسب درتخته های ساخته شده در تحقیق منجر به کاهش ضریب جذب صوت تا فرکانس ۲۰۰۰ هرتز می گردد. زیرا افزایش درصد چسب، باعث افزایش امپدانس آکوستیکی سطحیِ پانل هم می شود که در نتیجه‌ی افزایش عدم تطبیق امپدانس، نفوذ امواج صوتی به پانل نیز کاهش می یابد و این امر باعث کاهش ضریب جذب صوت می شود.

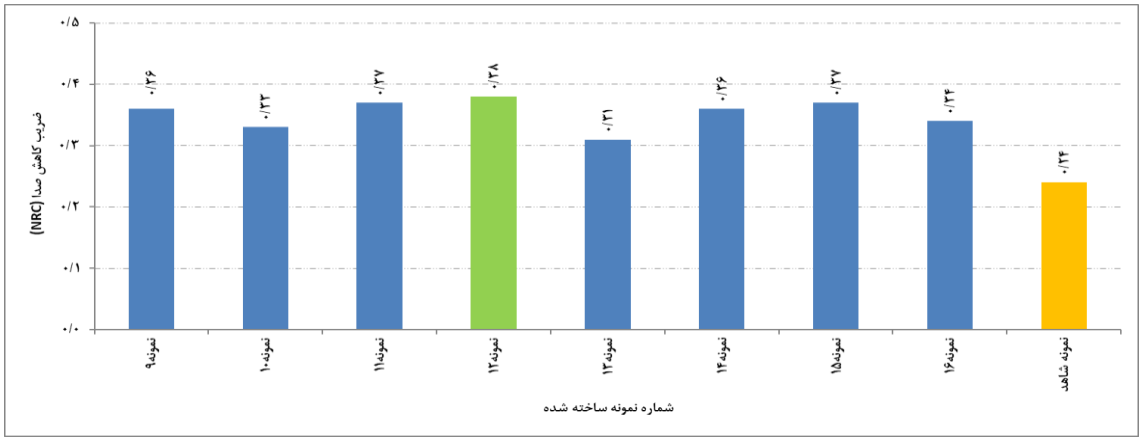
مقایسه ضریب کاهش صدا (NRC) نمونه ها در ضخامت ۱۶ و ۳۲ میلیمتر

مطابق با شکل ۸، نمونه شماره ۴ ساخته شده در تحقیق با دانسیته ۴۵۰ کیلو گرم بر مترمکعب و با طول خرده ذرات برابر با ۵۰ میلیمتر و درصد چسب برابر با ۲۰ درصد درمقایسه با سایر نمونه های ساخته شده تحقیق با ضخامت ۱۶ میلی متر، دارای بیشترین ضریب کاهش صدا یعنی ۰/۲۶ برخوردار می باشد.



شکل۸. مقایسه ضریب کاهش صدا تخته های ساخته شده با ضخامت۱۶ میلیمتر

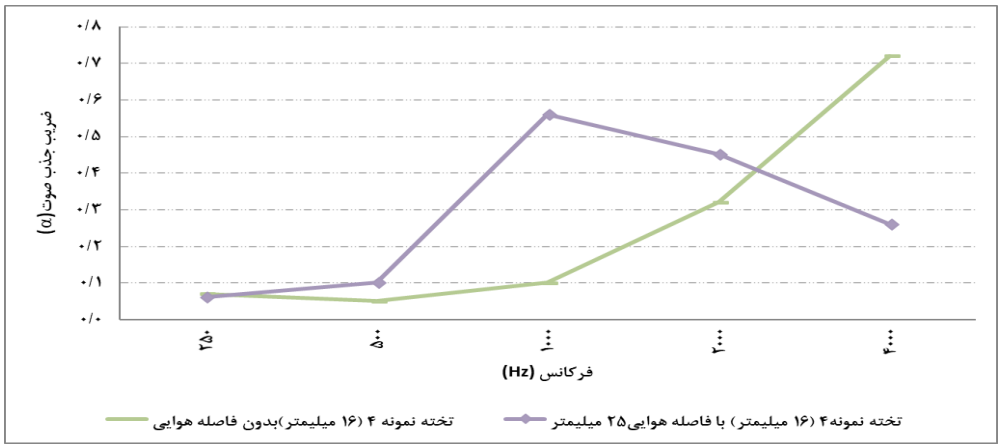
مطابق با شکل۹، به مقایسه ضریب کاهش صدا در تخته های ساخته شده با ضخامت ۳۲ میلی متردر تحقیق با نمونه شاهد پرداخته شده است. نمونه شماره ۱۲ با دانسیته ۴۵۰ کیلو گرم بر مترمکعب و با طول خرده ذرات برابر با ۵۰ میلی متر و درصد چسب برابر با ۲۰ درصد در بین نمونه های تحقیق با بالاترین ضریب کاهش صدا و در مقایسه با نمونه شاهد از ضریب کاهش صدا بالاتری برخوردار می باشد.



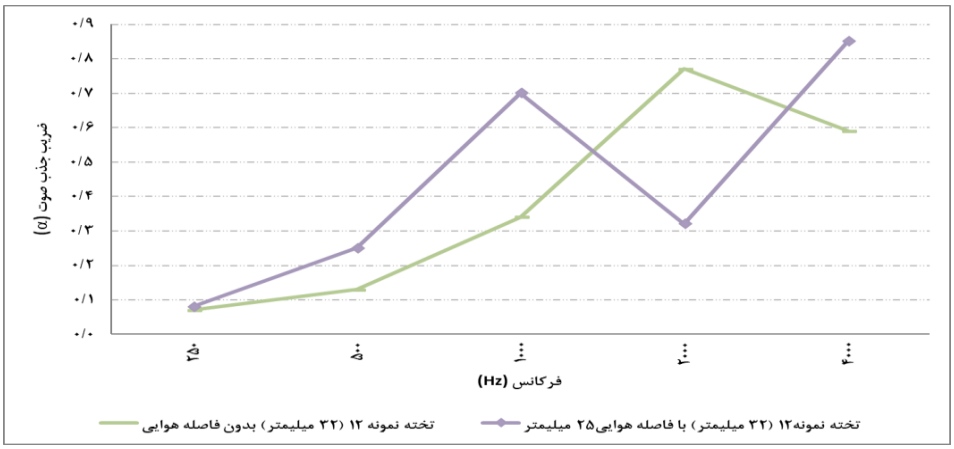
شکل۹. مقایسه ضریب کاهش صدا تخته های ساخته شده با ضخامت۳۲ میلیمتر با نمونه شاهد

مقایسه ضریب جذب صوت نمونه های ۱۶ و ۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی ۴۱ و ۲۵ میلیمتر

مطابق با شکل ۱۰، اثر فاصله هوایی باعث افزایش ضریب جذب صوت تا فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تخته های ساخته شده با ضخامت ۱۶ میلیمتر با فاصله هوایی ۲۵ میلیمتر شده است. مطابق با شکل ۱۱، اثر فاصله هوایی باعث افزایش ضریب جذب صوت در تمام فرکانس ها به جزء ۲۰۰۰ هرتز در تخته های ساخته شده با ضخامت ۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی ۲۵ میلیمتر شده است.

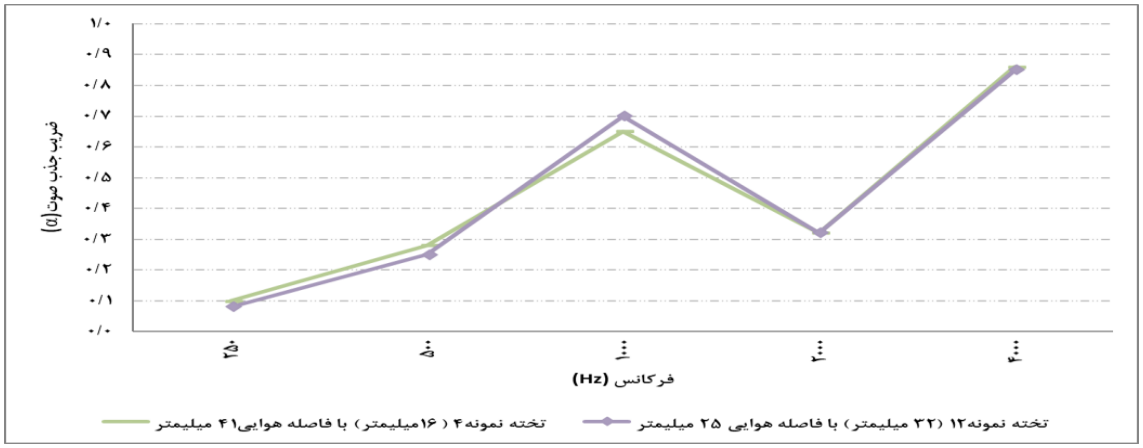


شکل ۱۰. مقایسه ضریب جذب صوت در بهترین نمونه تحقیق با ضخامت۱۶ میلیمتر با فاصله هوایی ۲۵ میلیمتر



شکل ۱۱. مقایسه ضریب جذب صوت در بهترین نمونه تحقیق با ضخامت۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی ۲۵ میلیمتر

مطابق با شکل ۱۲، همانطور که ملاحظه می شود ضریب جذب صوت نمونه۱۶ میلیمتر با فاصله هوایی۴۱ میلیمتر بیشتر یا برابر با ضریب جذب صوت نمونه ۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی ۲۵ میلیمتر در تمام فرکانس ها می باشد. مطابق با مطالعهٔ Fatima و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد که بیشتر شدن فاصلهٔ پشت نمونه، باعث افزایش میزان ضریب کاهش صدا می شود[۲۵]. همچنین بر مبنای گزارش Fouladi و همکاران (۲۰۱۳)، آزمو ن ها و بررسی های انجام شده بر روی الیاف نارگیل نشان می دهد که افزایش فاصلهٔ نمونه از سطح سخت پشت آن اثر مثبتی بر ضریب جذب صوت در محدودهٔ بسامد های پایین دارد. آنان دریافتند که با حرکت مقادیر حداکثر جذب به سمت بسامد های پایین تر، ضرایب جذب صوت در بسامدهای متوسط و بالا کاهش می یابند[۲۶]. دلیل این رفتار، احتمالاً ناشی از افزایش امپدانس مواد جاذب است. در این حالت، رزونانس آکوستیکی به سمت بسامد های پایین تر حرکت می کند و در نتیجه موجب بهبود جذب در آن محدوده می شود.



شکل ۱۲. مقایسه ضریب جذب صوت در بهترین نمونه های تحقیق با ضخامت ۱۶ و ۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی

نتیجه گیری

درساخت پانل ها به علت ارزانی و غیر سمی بودن از سیلیکات سدیم (فاقد گاز فرمالدهید) می توان به عنوان چسب استفاده نمود. با توجه به مقایسه ضریب جذب صوت تخته ها با نمونه شاهد در این تحقیق می توان پیشنهاد نمود که با استفاده از پسماند کشاورزی (تنه نخل خرما) و چسب معدنی (سیلیکات سدیم)، پانل‌های آکوستیکی با ضریب کاهش صدا مناسب حدود ۰/۳۸ که نسبت به تنه نخل خرما به عنوان نمونه شاهد، در حدود۶۰ درصد ضریب کاهش صدا را بدون آلوده کردن محیط زیست، افزایش و تولید نمود. مطابق با یافته های تحقیق با مقایسه ضریب جذب صوت در تخته های ۱۶ و ۳۲ میلیمتر با فاصله هوایی ۴۱ و ۲۵ میلیمتر، می توان با استفاده از تخته با ضخامت کمتر و فاصله هوایی بیشتر بجای تخته با ضخامت بیشتر، استفاده نمود که از نظر کاهش هزینه مصرفی و تامین منابع اولیه تولید بسیار حائز اهمیت می باشد.

منابع

[1] Arenas JP, Crocker MJ., 2010. Recent trends in porous sound-absorbing materials. Sound Vibr,44(7):12-8.

[2] Rwawiire S, Tomkova B, Militky J, Hes L, Kale BM., 2017.Acoustic and thermal properties of a cellulose nonwoven natural fabric (barkcloth). Appl Acoust, 116:177-83.

[3] Bansod PV, Mittal T, Mohanty AR., 2016. Study on the acoustical properties of natural jute material by theoretical and experimental methods for building acoustics applications. Acoust Australia,44(3):457-72.

[4] Jawaid M, Khalil HA.,2011. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. Carbohydrate Polymers,86(1):1-18.

[5] Jayamani E, Hamdan S.,2013. editors. Sound absorption coefficients natural fibre reinforced composites. Adv Mat Res, Trans Tech Publ.

[6] Thakur VK, Thakur MK, Gupta RK.,2014. Raw natural fiber–based polymer composites. Int Journal Polymer Analys Characteriz,19(3):256-71.

[7] Kalia S, Kaith B, Kaur I., 2009. Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites—a review. Polymer Engineer Sci,49(7):1253-72.

[8] Asdrubali F.,2006. editor Survey on the acoustical properties of new sustainable materials for noise control. Proceed Euronoise.

[9] Alsaeed T, Yousif B, Ku H., 2013. The potential of using date palm fibres as reinforcement for polymeric composites. Mat Design, 43:177-84.

[10] Berardi U, Iannace G.,2017. Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws for the acoustic impedance and the propagation constant. Appl Acoust,115:131-8.

[11] Fouladi MH, Nor MJM, Ayub M, Leman ZA.,2010. Utilization of coir fiber in multilayer acoustic absorption panel. Appl Acoust,71(3):241-9.

[12] ALRahman LA, Raja RI, Rahman RA.,2013. Experimental study on natural fibers for green acoustic absorption materials. Am J Appl Sci,10(10):1307.

[13] Zulkifli, R., Mohd Nor, MJ, Mat Tahir, MF., Ismail, A.R., Nuawi, MZ., 2008. Acoustic properties of multi-layer coir fibers sound absorption panel. Journal of Applied Sciences 8(20). 3709-3714.

[14] Saadatnia, M.A., 2005. Comparison of sonic properties of insulated boards from Spruce with insulated boards from mixture of two types of agriculture wastes (Wheat and Grain stem) with Spruce. M.Sc thesis. Tehran University.

[15] Carvalho, S., Lourival, M., Mendesa, A., Jeimy B., 2015. Acoustic Characterization of Sugarcane Bagasse Particleboard Panels (Saccharum officinarum L). Materials Research. 18(4): 821-827.

[16] Taban E, Khavanin A, Ohadi A, Jonidi Jafari A, Faridan M.,2019. Modelling of date palm fibre composite acoustic behaviour using differential evolution algorithm. Iran Occupational Health, (Jun-Jul);16(2):94-108.

[17] Lamyaa Abd-Rahman, Raja Ishak Raja, Roslan Abdul Rahman and Zawawi Ibrahim.,2012. Acoustic Properties of Innovative Material from Date Palm Fibre.American Journal of Applied Sciences 9 (9): 1390-1395, 2012 ISSN 1546-9239 © 2012 Science Publication

[18] Fasihi, F., 2001. Acoustic Engineering. Television University Publication. 136 P.

[19] Xie ZK, Ikeda T, Okuda Y, Nakajima H.,2004. Characteristics of sound absorption in lotus-type porous magnesium. Japanese J Appl Physics,43(10R):7315.

[20] Mamtaz H, Fouladi MH, Al-Atabi M, NarayanaNamasivayam S.,2016. Acoustic absorption of natural fiber composites. J Engineer.

[21] Nick A, Becker U, Thoma W.,2002. Improved acoustic behavior of interior parts of renewable resources in the automotive industry. J Polymers Environ,10(3):115-8.

[22] Tiuc AE, Vasile O, Vermesan H.,2015. Acoustic performance of composite materials made fromtextile waste. Romanian J Acoust Vibr,12(2):111.

[23] Asdrubali F, D'Alessandro F, Schiavoni S.,2008. Sound absorbing properties of materials made of rubber crumbs. J Acoust Soc Am,123(5):3037.48.

[24] Hang-Seung, Y., dac- junkim.,2003. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction material biere source technology 78, 117-121.

[25] Fatima S, Mohanty.A., 2011.Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials. Applied acoustics. Appl Acoustic,72(2-3):108-14.

[26] Fouladi MH, Nassir MH, Ghassem M, Shamel M, Peng SY, Wen SY, et al.,2013. Utilizing Malaysian natural fibers as sound absorber. Modeling andMeasurement Methods for Acoustic Waves and for Acoustic Microdevices: InTech.

Assessing the effect of air- gap in acoustic panels' sound absorption made of date palm fiber

M. Alishiri[1]
A. H. Hemmasi[2*]
H. Khademi Eslam[3]
S. Basirjafari[4]
M. Talaeiypour[5]

[1] Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box 14965/115, Tehran, Iran

[2] Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box 14965/115, Tehran, Iran

[3] Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box 14965/115, Tehran, Iran

[4] Assistant professor, Department of Sound, Faculty of Engineering, IRIB University, P.O. Box 19395-1746, Tehran, Iran

[5] Associate professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box 14965/115, Tehran, Iran

Corresponding author:
h_hemmasi@srbiau.ac.ir

Received: 2022/01/11
Accepted: 2022/01/14

Abstract

By considering the high consumption of acoustic panels in the related industries and the importance of natural fibers' consumption as proper sound absorber replacement for synthetic fibers, the probability of producing acoustic panels made of date-palm-trunk fibers and sodium silicate adhesive is assessed. The effect of thickness, density, particle length, adhesive percentage and air-gap on sound absorption coefficient are measured according to ASTM 10534-2 ISO at 250, 500, 1000, 2000 and 4000 Hz frequencies. The results reveal that an increase in thickness shifts the sound absorption coefficient peak towards lower frequencies. An increase in density increases the sound absorption coefficient and at high frequencies it decreases. An increase in particle length increases sound absorption coefficient and at 4000 Hz this process is reversed. An increase in adhesive percentage decrease sound absorption coefficient at high frequencies. The effect of 25 and 41 mm air-gap on sound absorption frequency on the best produced panels of 32 and 16 mm thick, respectively, is assessed. Panels of low thickness at higher air-gap enhance sound absorption coefficient at all frequencies. This fact can be highly contributive in reducing production cost of environment-friendly acoustic panels where, silicate sodium adhesive is consumed.

Keywords: Sodium silicate, Sound absorption coefficient, Impedance tube, Date Palm.